Cycle « construire durable »
Conférence
Mardi 23/04/2013

La qualité de l'air intérieur : principaux polluants et enjeux sanitaires

Dr Fabien Squinazi, médecin biologiste [1]

L'air intérieur correspond aux espaces clos, tels que l'habitat, les établissements recevant du public, les lieux de garde et d'éducation des enfants, les immeubles de bureaux, les établissements de santé et médico-sociaux ou les moyens de transport. Les citadins passent plus de 80 % de leur temps à l'intérieur de ces espaces clos, de sorte que l'exposition aux polluants atmosphériques est essentiellement associée à des environnements intérieurs, en particulier l'habitat (environ 50% du temps).

L'environnement intérieur, un univers dynamique

L'environnement intérieur est un univers dynamique caractérisé par trois sources principales de pollution :

- la pollution en provenance de l'extérieur, dont la pénétration dépend du lieu d'implantation du bâtiment (proximité du trafic automobile, de sources industrielles ou artisanales, de sols pollués) et du type de polluant (particules, oxydes d'azote, monoxyde de carbone, ozone, benzène, radon…)
- la pollution due à certains matériaux de construction, de décoration et d'ameublement
- la pollution due aux occupants, à leurs activités ou comportements (utilisation d'appareils de combustion, bricolage, ménage, présence d'animaux domestiques, tabagisme, température humidité, aération, ventilation…).

Les sources intérieures de pollution émettent, de manière continue ou discontinue et irrégulière, un certain nombre de contaminants biologiques (allergènes, bio-effluents humains, émissions ou composants de différents micro-organismes…), de polluants de nature physique (amiante, fibres minérales artificielles, particules, humidité, champs électromagnétiques…) et de polluants chimiques (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, fumée de tabac environnementale, composés organiques volatils dont les aldéhydes, dioxyde d'azote, ozone, métaux lourds, pesticides, polluants organiques persistants…).
La pollution intérieure constitue une préoccupation croissante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, depuis un certain nombre d'années, pour diminuer les consommations en énergie, les bâtiments sont de mieux en mieux isolés, ce qui réduit fortement les infiltrations d'air. En outre, les débits de ventilation se révèlent parfois insuffisants pour renouveler l'air à l'intérieur des bâtiments. Ces derniers peuvent être occupés par des populations fragiles (enfants, personnes âgées, malades), qui passent davantage de temps à l'intérieur des bâtiments et dont la durée d'exposition à la pollution intérieure est par conséquent plus importante. Enfin, les aspects sanitaires associés aux différents polluants intérieurs sont de mieux en mieux reconnus ; toutefois, il est souvent difficile d'exclure la possibilité de confusion éventuelle liée à l'association de plusieurs polluants dont les effets sont similaires.

Les matériaux de construction, d'aménagement et de décoration

Les matériaux sont à l'origine d'émissions, à température ambiante, de composés organiques volatils (COV), dont les aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, nonanal…).
Les COV entrent dans la composition de nombreux matériaux de construction et produits de finition utilisés dans le bâtiment et l'ameublement : panneaux de particules, bois agglomérés ou contre-plaqués, textiles utilisés pour le mobilier ou la décoration, revêtements de murs et de sols synthétiques ou préfabriqués (dalles, moquettes, faux-plafond, planchers, linoléums), éléments d'isolation comme les mousses, peintures, lasures, vernis, colles, produits de préservation du bois, en particulier au niveau des charpentes et des meubles. Le formaldéhyde est présent en grandes quantités dans les bois agglomérés, les panneaux de particules, de fibres ou de copeaux, certaines mousses isolantes, certaines moquettes et textiles, certaines colles.
Les émissions de COV peuvent être à l'origine d'odeurs piquantes (« odeurs de neuf »), mais ils sont souvent inodores. Ils entraînent, en fonction des composés, une irritation et une diminution de la capacité respiratoire de sévérité variable. A moyen ou long terme, l'exposition au benzène est responsable d'effets hématologiques non cancérigènes (pancytopénies, aplasie médullaire…) et d'effets cancérigènes, comme la leucémie aiguë myéloïde. A des teneurs élevées, supérieures à 100 µg/m^3, le formaldéhyde est un irritant puissant des muqueuses provoquant sécheresse et douleur au niveau des yeux, du nez et de la bouche. Lors d'une exposition chronique, à faibles doses, ont été mis en évidence des effets sur la capacité respiratoire, des phénomènes de sensibilisation allergique et de pathologies asthmatiques, particulièrement chez les enfants. Sur la base des observations de cancers du nasopharynx chez l'homme, le formaldéhyde a été classé cancérigène certain.
Les composés organiques semi-volatils comprennent les pesticides/biocides organochlorés (lindane, endosulfan) ou organophosphorés (dichlorvos des plaquettes insecticides, chlorpyrifos des sprays insecticides), les pyréthrinoïdes, les phtalates ou esters de l'acide phtalique (plastifiants), les retardateurs de flamme, présents dans les tissus d'ameublement, les circuits imprimés ou châssis plastiques, les alkylphénols (plastifiants) ou les organoétains, utilisés comme antifongiques des tapis et des sols PVC.
Les peintures à la céruse, ou hydrocarbonate basique de plomb, ont été largement utilisées dans les bâtiments jusqu'au milieu du 20ème siècle. Leur dégradation est à l'origine de fines poussières de plomb qui peuvent être ingérées ou inhalées. A forte dose, le plomb entraîne anémie, troubles digestifs et atteinte du système nerveux. A doses plus faibles et répétées, l'absorption de plomb entraîne chez l'enfant des retards intellectuels, des difficultés d'apprentissage, des troubles psycho-moteurs et un ralentissement de la croissance.
L'amiante a beaucoup servi dans la construction et les équipements domestiques jusque dans les années 1980. L'inhalation des fibres d'amiante, classé cancérogène certain pour l'homme peut entraîner des fibroses pulmonaires et pleurales avec insuffisance respiratoire, mais surtout induire un risque de cancer du poumon, de la plèvre (mésothéliome) et du péritoine.
Les laines minérales (laine de verre, laine de roche, laine de laitier) sont abondamment utilisées depuis de nombreuses années pour l'isolation thermique, l'isolation acoustique et la protection incendie des bâtiments. Les grosses fibres constituant les laines minérales peuvent par réaction mécanique, comme tout corps étranger, causer des démangeaisons de la peau, de l'œil ou du système respiratoire supérieur.

Les activités humaines

Les appareils de combustion utilisés pour le chauffage, la production d'eau chaude ou la cuisson des aliments sont à l'origine d'émission de monoxyde de carbone, qui est un témoin de combustion incomplète, des oxydes d'azote qui sont formés à haute température, puis de toute une série de polluants particulaires et/ou gazeux

comme les aldéhydes ou les hydrocarbures aromatiques ou polyaromatiques (acroléine provenant du chauffage des huiles et graisses).
L'intoxication par le monoxyde de carbone est la première cause de mortalité par toxicité aiguë. L'exposition chronique peut causer divers symptômes tels que fatigue, vertiges, maux de tête, nausées, sifflements respiratoires. Le dioxyde d'azote est un irritant pulmonaire puissant. Chez les asthmatiques, il serait capable de provoquer des crises d'asthme, soit par effet direct, soit par potentialisation de la réponse bronchique à l'allergène.
Les imprimantes laser, les photocopieurs et les purificateurs d'air utilisant des champs électriques produisent de l'ozone qui est rapidement piégé par les matériaux et modifie leurs émissions. L'ozone est un composé très réactif qui se combine avec d'autres polluants en produisant des substances fortement irritantes et odorantes comme les aldéhydes. L'ozone est un gaz irritant pour les muqueuses oculaires et respiratoires. Il pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il altère la fonction pulmonaire et accroît les symptômes respiratoires (toux, oppression thoracique). Il exacerbe les crises chez les asthmatiques. Chez les allergiques, l'ozone augmente la sensibilité aux allergènes.
De nombreux produits d'usage courant émettent des COV :

- produits nettoyants ou produits d'entretien des surfaces : nettoyants ménagers, détachants, cires, désinfectants, dégraissants, essences, alcool à brûler, décapants, aérosols…
- désodorisants d'atmosphère (bâtons d'encens, bougies parfumées…), blocs WC…
- produits d'hygiène corporelle : lotions, déodorants, parfums…
- produits de bricolage : solvants, peintures, vernis, colles…

Ainsi, plusieurs activités constituent des sources de composés organiques volatils : nettoyage, entretien, bricolage, loisirs, cuisson des aliments,… Elles correspondent à des productions instantanées de composés organiques volatils qui disparaissent plus ou moins rapidement en fonction du mode de ventilation et de leur interaction entre eux et avec les matériaux.

La fumée de tabac

La fumée de tabac environnementale constitue un énorme complexe, particulièrement important en milieu clos. Elle renferme plus de 4000 composés, en phase gazeuse et particulaire, dont une quarantaine sont reconnues comme cancérigènes ou toxiques. La fumée inhalée par les non fumeurs (tabagisme passif) provient d'une combustion moins complète que celle qui est inhalée par le fumeur et est donc plus chargée en polluants.
Les effets à court terme sont plutôt de nature sensorielle avec irritation des yeux et des voies respiratoires. L'exposition régulière au tabagisme parental augmente le risque d'infections respiratoires basses, d'otites chez l'enfant et de mort subite du nourrisson. Le tabagisme passif est un facteur de risque vis-à-vis de l'asthme infantile et contribue à l'aggravation des symptômes de l'asthme dont l'augmentation de l'hypersensibilité bronchique, y compris chez l'adulte.

Microparticules et nanoparticules

Les microparticules (PM_{10}, $PM_{2,5}$) ou les nanoparticules proviennent de plusieurs sources à l'intérieur des bâtiments : tabagisme, cuisson des aliments, chauffage – notamment au pétrole et au bois – activités de ménage et de rénovation, matériaux, pollution extérieure. Ces particules véhiculent en outre à leur surface un certain nombre de polluants potentiellement toxiques ou cancérigènes (hydrocarbures aromatiques polycycliques, métaux lourds…). Les poussières porteuses de micro-organismes et de fragments microbiens (endotoxines bactériennes, béta-glucanes fongiques), les microgouttelettes d'eau sont mises en suspension dans l'air lors des diverses activités dans les locaux.

L'inhalation des microparticules accroît les symptômes respiratoires (toux), diminue les performances ventilatoires et augmente la sensibilité aux allergènes. Elle

provoque aussi des effets sur le système cardiovasculaire (troubles du rythme cardiaque). L'inhalation de fragments microbiens provoque de la fièvre, de la toux, des nausées, un essoufflement et des obstructions respiratoires. L'inhalation de microgouttelettes d'eau contaminées par des légionelles est responsable d'une pneumonie aiguë, la légionellose.
Les allergènes des animaux (chat, chien, rongeurs, blattes…) peuvent être retenus par les moquettes et les meubles capitonnés et persister plusieurs mois dans l'environnement domestique, même après éviction des animaux.

L'humidité des locaux

Elle peut être le fait du bâtiment (fuites ou remontées d'eau, zones de condensation des points froids) ou du comportement des occupants (production d'un excès de vapeur d'eau, renouvellement d'air insuffisant).
Les facteurs favorables au développement des acariens sont une humidité relative élevée (70 à 80 % à 25°C pour *Dermatophagoïdes pteronyssimus*, et 50 à 60 % à 25°C pour *Dermatophagoïdes farinae*) et une température optimale de 25 à 28°C. L'humidité relative est le paramètre essentiel du développement des acariens : elle dépend de la température, de l'humidité absolue et du taux de renouvellement d'air par la ventilation. Les allergies respiratoires comprennent la rhinite allergique, la bronchite allergique et l'asthme.
Les moisissures pénètrent par les ouvertures des locaux ou sont transportées par les personnes, sur leurs vêtements, la peau ou les cheveux. Elles se développent sur les surfaces présentant une humidité importante, en présence de substances organiques qui leur servent de nourriture : poussières, aliments, certains matériaux tels que la cellulose du bois, le papier, le carton, les plaques de plâtre, les joints en silicone, les textiles, les peintures et isolants. La dégradation du matériau se manifeste par des taches, des décolorations, des vermoulures ou creusements, qui peuvent passer inaperçues, cachées derrière des meubles ou des tapisseries, et des odeurs de moisi. Les moisissures sont responsables de diverses pathologies : infectieuses (aspergillose pulmonaire invasive), toxiques (mycotoxines), irritatives (COV d'origine microbienne, glucanes) ou immunologiques (spores fongiques allergisantes).

Recommandations aux occupants

Qu'il s'agisse d'effets à court terme ou à long terme, les populations les plus vulnérables (jeunes enfants, personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques, femmes enceintes) doivent être particulièrement protégées des polluants de l'air intérieur. Un certain nombre de recommandations doivent être données aux occupants des locaux pour lutter efficacement contre les polluants et les allergènes intérieurs.

Le médecin traitant peut faire appel à un Conseiller Médical en Environnement Intérieur (CMEI), un professionnel qui intervient au domicile des patients allergiques et/ou asthmatiques (http://www.cmei-france.fr). Le CMEI fait un inventaire des sources d'allergènes et des polluants à l'aide d'un questionnaire standardisé et de quelques analyses environnementales simples (acariens, température, hygrométrie, formaldéhyde), parle avec le patient de sa maladie et de son comportement dans l'habitat, propose des mesures d'éviction personnalisées et met à disposition du médecin traitant un rapport de visite. Ainsi, les conseils permettent au patient de modifier son environnement et/ou ses habitudes de vie pour diminuer l'exposition aux allergènes et polluants intérieurs. Il peut s'avérer aussi nécessaire de diriger le patient vers d'autres acteurs sanitaires et/ou de l'habitat.

1) Assurer une ventilation suffisante

La ventilation des locaux assure l'apport d'air neuf pour les occupants et pour les combustions et le renouvellement de l'air. Elle élimine les odeurs et diminue les concentrations en micro-organismes et polluants chimiques. Enfin, elle évite les désordres dus à l'humidité (condensation, développement de moisissures) afin de préserver le bâti et la santé des occupants. La ventilation naturelle par tirage thermique et pression du vent ou la ventilation mécanique contrôlée assurent le renouvellement d'air des locaux, grâce aux bouches d'aération et bouches d'extraction de l'air vicié. Ces dernières doivent être correctement entretenues pour éviter leur encrassement. Elle est complétée par l'aération quotidienne qui se fait par ouverture des fenêtres, portes et autres ouvrants et par infiltration d'air. L'utilisation d'épurateurs d'air autonomes (ou purificateurs d'air) nécessite de bien connaître leurs performances et leur innocuité.

2) Eliminer la poussière domestique

Le nettoyage humide permet d'éliminer poussières et salissures. Il faut limiter le nombre d'objets et de surfaces difficiles à nettoyer, véritables nids à poussière. Lors des activités produisant de fortes quantités de poussières, il est recommandé de porter un masque anti-poussière et d'éloigner les personnes vulnérables, comme les enfants ou les personnes souffrant de pathologies respiratoires.

3) Entretenir les appareils domestiques

Le raccordement des appareils de combustion doit être vérifié par un professionnel afin d'éviter les refoulements des gaz et fumées vers l'intérieur. De même, le réglage et l'entretien des appareils doivent être assurés par un professionnel. Les imprimantes laser et les photocopieurs doivent être utilisés dans des zones bien ventilées.

4) Limiter l'exposition aux composés organiques volatils (COV)

Les matériaux et produits peu émissifs en COV doivent être choisis de préférence. Le chauffage et l'aération du local où se trouve un mobilier neuf permettent une émission plus rapide des COV. Il est recommandé d'aérer le local pendant et après l'utilisation de peintures, vernis, cires, colles, nettoyants et autres produits ménagers, en respectant le mode d'emploi. Ces produits doivent être soigneusement protégés et entreposés dans des endroits aérés.

5) Maîtriser la pose et la dégradation des matériaux fibreux

Il est recommandé lors de la pose de laines minérales de couvrir les parties du corps exposées, porter un masque jetable si le lieu n'est pas ventilé, nettoyer avec un aspirateur, porter des lunettes de protection en cas de travail au dessus de la tête, ventiler le lieu de travail si possible. Il est aussi recommandé de surveiller l'état de dégradation des matériaux fibreux.

---

(1) Le Dr Fabien Squinazi est l'ancien directeur du Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris